

明 細 書

液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法

5 技術分野

本発明は、液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法に関する。

背景技術

- 10 液滴吐出装置の一つであるインクジェットプリンタは、複数のノズルからインク滴（液滴）を吐出して所定の用紙上に画像形成を行っている。インクジェットプリンタの印刷ヘッド（インクジェットヘッド）には、多数のノズルが設けられているが、インクの粘度の増加や、気泡の混入、塵や紙粉の付着等の原因によって、いくつかのノズルが目詰まりしてインク滴を吐出できない場合がある。ノズルが目詰まりするとプリントされた画像内にドット抜けが生じ、画質を劣化させる原因となっている。

- 従来、このようなインク滴の吐出異常（以下、「ドット抜け」ともいう）を検出する方法として、インクジェットヘッドのノズルからインク滴が吐出されない状態（インク滴吐出異常状態）をインクジェットヘッドのノズル毎に光学的に検出する方法が考案されている（例えば、特開平8-309963号公報など）。この方法により、ドット抜け（吐出異常）を発生しているノズルを特定することが可能となっている。

- しかしながら、上述の光学式のドット抜け（液滴吐出異常）検出方法では、光源及び光学センサを含む検出器が液滴吐出装置（例えば、インクジェットプリンタ）に取付けられている。この検出方法では、一般に、液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド）のノズルから吐出する液滴が光源と光学センサの間を通過し、光源と光学センサの間の光を遮断するように、光源及び光学センサを精密な精度で（高精度に）設定（設置）しなければならないという問題がある。また、このような検出器は通常高価であり、インクジェット

プリンタの製造コストが増大してしまうという問題もある。さらに、ノズルからのインクミストや印刷用紙等の紙粉によって、光源の出力部や光学センサの検出部が汚れてしまい、検出器の信頼性が問題となる可能性もある。

- 5 また、上述の光学式のドット抜け検出方法では、ノズルのドット抜け、すなわち、インク滴の吐出異常（不吐出）を検出することはできるが、その検出結果に基づいてドット抜け（吐出異常）の原因を特定（判定）することができず、ドット抜けの原因に対応する適切な回復処理を選択し、実行することが不可能であるという問題もある。そのため、例えば、ワイピング処理で回復可能な状態であるにもかかわらず、インクジェットヘッドからインクを
- 10 ポンプ吸引などすることにより、排インク（無駄なインク）が増加することや、適切な回復処理が行われなために複数の回復処理を実施することによって、インクジェットプリンタ（液滴吐出装置）のスループットを低下あるいは悪化させてしまう。

15 発明の開示

本発明の目的は、液滴吐出動作後における所定の期間に発生した基準パルスをカウントすることにより、液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出することができる液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を提供することにある。

- 20 上記課題を解決するために、本発明の一実施形態において、本発明の液滴吐出装置は、

振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティと、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液体を

25 液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、

前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、

基準パルスを発生させるパルス生成手段と、

所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、

前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を

検出する吐出異常検出手段と、

を備えることを特徴とする。

本発明の液滴吐出装置によれば、アクチュエータの駆動により、液体を液滴として吐出する動作を行った際に、所定の期間内に発生するパルスのカウントし、そのカウント値に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出している。

したがって、本発明の液滴吐出装置によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

ここで、前記振動板の残留振動とは、前記アクチュエータが前記駆動回路の駆動信号（電圧信号）により液滴吐出動作を行った後、次の駆動信号が入力されて再び液滴吐出動作を実行するまでの間に、この液滴吐出動作により前記振動板が減衰しながら振動を続けている状態をいう。

また、好ましくは、前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した際に前記アクチュエータにより変位された前記振動板が残留振動を発生させるまでの期間でもよく、前記残留振動の最初の半周期の期間でもよく、あるいは、前記残留振動の最初の1周期の期間でもよい。そして、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記アクチュエータの駆動により液滴が正常に吐出されたときの基準パルスの正常カウント範囲と、前記所定の期間内における前記カウンタのカウント値と比較することにより、前記吐出異常を検出する。

ここで、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出し、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したか、あるいは、前記ノズル出口付近に紙粉が付着したものと検出する。

好ましくは、前記カウンタは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルス数を減算カウントし、前記吐出異常検出手段は、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する。この場合、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第1の閾値よりも小さいとき
5 には、吐出異常の原因として前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出し、前記減算結果が第2の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと検出し、前記減算結果が第2の閾値よりも小さく、第3の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと検出する。なお、
10 本発明において、「紙粉」とは、単に記録用紙などから発生した紙粉のみに限らず、例えば、紙送りローラ（給紙ローラ）などのゴムの切れ端や、空气中に浮遊するごみなどを含むノズル付近に付着して液滴吐出の妨げとなるすべてのものをいう。

さらに、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、前記吐出異常検出手段によって検出された検出結果を記憶する記憶手段を更に備えてもよい。また、
15 本発明の液滴吐出装置は、好ましくは、前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える。

ここで、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、発振回路を備え、前記振
20 動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振するように構成されてもよい。ここで、好ましくは、前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるCR発振回路を構成する。また、前記吐出異常検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数
25 の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成するF/V変換回路を含んでもよい。さらに、好ましくは、前記吐出異常検出手段は、前記F/V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む。この場合、好ましくは、前記波形整形回路は、前記F/V変換回路によって生成

された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去するD C成分除去手段と、このD C成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する。

- 5 なお、前記アクチュエータは、静電式アクチュエータであってもよく、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータであってもよい。本発明の液滴吐出装置は、上記のようなコンデンサからなる静電アクチュエータのみならず、圧電アクチュエータも用いることができるので、既存のほとんどの液滴吐出装置に本発明を適用することができる。また、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む。

- 10 また、本発明の別の実施形態では、本発明の液滴吐出装置は、
液体が充填されるキャビティと、前記キャビティに連通するノズルと、前記キャビティ内に充填された液体の圧力を変動し、この圧力変動により液体を液滴として前記ノズルから吐出させる圧電アクチュエータとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、

- 15 前記圧電アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を
20 検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする。

- 25 このように、本発明の液滴吐出装置は、圧電アクチュエータを利用して、その起電圧により、上述と同様の構成を採用することができる。なお、好ましくは、前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した後の前記圧電アクチュエータの起電圧による電圧の残留振動を発生させるまでの期間である。なお、好ましくは、本発明の液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む。

また、本発明の別の態様において、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法は、アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、基準パルス

を発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスのカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出することを特徴とする。

- ここで、好ましくは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウント
- 5 された基準パルスの数を減算し、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する。

- また、本発明の別の実施形態では、液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法は、圧電アクチュエータを駆動して液滴を吐出する動作を行った後、基準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間
- 10 内に発生した基準パルスのカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出することを特徴とする。これにより、圧電アクチュエータの起電圧に基づく残留振動においても同様に吐出異常を検出することができる。

15 図面の簡単な説明

本発明の前述の並びに他の目的、特徴及び利点は、添付図面を参照して進められる本発明の好適実施形態の以下の詳細な記述から一層容易に明確になるであろう。

- 図 1 は、本発明の液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタの構成を示す概略図である。
- 20

図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。

図 3 は、図 1 に示すインクジェットヘッドの概略的な断面図である。

- 図 4 は、図 1 に示す 1 色のインクに対応するヘッドユニットの構成を示す分解斜視図である。
- 25

図 5 は、4 色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートのノズル配置パターンの一例である。

図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す状態図である。

図 7 は、図 3 の振動板の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。

図 8 は、図 3 の振動板の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。

5 図 9 は、図 3 のキャビティ内に気泡が混入した場合のノズル付近の概念図である。

図 10 は、キャビティへの気泡混入によりインク滴が吐出しなくなった状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

10 図 11 は、図 3 のノズル付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル付近の概念図である。

図 12 は、ノズル付近のインクの乾燥増粘状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 13 は、図 3 のノズル出口付近に紙粉が付着した場合のノズル付近の概念図である。

15 図 14 は、ノズル出口に紙粉が付着した状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 15 は、ノズル付近に紙粉が付着した前後におけるノズルの状態を示す写真である。

図 16 は、図 3 に示す吐出異常検出手段の概略的なブロック図である。

20 図 17 は、図 3 の静電アクチュエータを平行平板コンデンサとした場合の概念図である。

図 18 は、図 3 の静電アクチュエータから構成されるコンデンサを含む発振回路の回路図である。

25 図 19 は、図 16 に示す吐出異常検出手段の F / V 変換回路の回路図である。

図 20 は、本発明の発振回路から出力する発振周波数に基づく各部の出力信号などのタイミングを示すタイミングチャートである。

図 21 は、固定時間 t_r 及び t_l の設定方法を説明するための図である。

図 22 は、図 16 の波形整形回路の回路構成を示す回路図である。

図 2 3 は、駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

図 2 4 は、本発明の計測手段の一例を示すブロック図である。

図 2 5 は、図 2 4 に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャートである。

図 2 6 は、本発明の一実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図 2 7 は、本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。

図 2 8 は、本発明の吐出異常検出処理における吐出異常の原因の判定結果の一例である。

図 2 9 は、本発明の計測手段の他の例を示すブロック図である。

図 3 0 は、インクジェットヘッドに吐出異常が発生している場合と正常吐出の場合における残留振動波形を示す図である。

図 3 1 は、図 2 9 に示す減算カウンタの減算処理のタイミングチャート（半周期毎）である。

図 3 2 は、本発明の他の実施形態における吐出異常検出処理を示すフローチャートである。

図 3 3 は、残留振動発生までの時間及び残留振動の半周期と、吐出異常の原因との関係を示す表である。

図 3 4 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 3 5 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 3 6 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 3 7 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 3 8 は、圧電アクチュエータを用いる場合の駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図 1～図 38 を参照して本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態は例示として挙げるものであり、これにより本発明の内容を限定的に解釈すべきではない。なお、以下、本実施形態では、本発明の液滴吐出装置の一例として、インク（液状材料）を吐出して記録用紙に画像をプリントするインクジェットプリンタを用いて説明する。

＜第 1 実施形態＞

図 1 は、本発明の第 1 実施形態における液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタ 1 の構成を示す概略図である。なお、以下の説明では、図 1 中、上側を「上部」、下側を「下部」という。まず、このインクジェットプリンタ 1 の構成について説明する。

図 1 に示すインクジェットプリンタ 1 は、装置本体 2 を備えており、上部後方に記録用紙 P を設置するトレイ 2 1 と、下部前方に記録用紙 P を排出する排紙口 2 2 と、上部面に操作パネル 7 とが設けられている。

操作パネル 7 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、LED ランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

また、装置本体 2 の内部には、主に、往復動する印字手段（移動体）3 を備える印刷装置（印刷手段）4 と、記録用紙 P を 1 枚ずつ印刷装置 4 に対し供給・排出する給紙装置（給紙手段）5 と、印刷装置 4 及び給紙装置 5 を制御する制御部（制御手段）6 とを有している。

制御部 6 の制御により、給紙装置 5 は、記録用紙 P を一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙 P は、印字手段 3 の下部近傍を通過する。このとき、印字手段 3 が記録用紙 P の送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙 P への印刷が行なわれる。すなわち、印字手段 3 の往復動と記録用紙 P の間欠送りとが、印刷における主走査及び副走査となって、インクジェット方

式の印刷が行なわれる。

印刷装置 4 は、印字手段 3 と、印字手段 3 を主走査方向に移動させる駆動源となるキャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 の回転を受けて、印字手段 3 を往復動させる往復動機構 4 2 とを備えている。

- 5 印字手段 3 は、その下部に、多数のノズル 1 1 0 を備えるインクの種類に対応した複数のヘッドユニット 3 5 と、各ヘッドユニット 3 5 にインクを供給する複数のインクカートリッジ (I / C) 3 1 と、各ヘッドユニット 3 5 及びインクカートリッジ 3 1 を搭載したキャリッジ 3 2 とを有している。

- 10 また、ヘッドユニット 3 5 は、図 3 において後述するように、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェット式記録ヘッド (インクジェットヘッドあるいは液滴吐出ヘッド) 1 0 0 を多数備えている。なお、ヘッドユニット 3 5 は、図 1 ではインクカートリッジ 3 1 を含んだ構成を示しているが、このような構成に限定されない。例えば、
15 インクカートリッジ 3 1 を別に固定し、チューブなどによってヘッドユニット 3 5 に供給されるようなものでもよい。したがって、以下において、印字手段 3 とは別に、それぞれ一つの、ノズル 1 1 0 と、振動板 1 2 1 と、静電アクチュエータ 1 2 0 と、キャビティ 1 4 1 と、インク供給口 1 4 2 等で構成されたインクジェットヘッド 1 0 0 を複数設けたものをヘッドユニット 3 5
20 と称するものとする。

- 25 なお、インクカートリッジ 3 1 として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック (黒) の 4 色のインクを充填したものをを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、印字手段 3 には、各色にそれぞれ対応したヘッドユニット 3 5 が設けられることになる。ここで、図 1 では、4 色のインクに対応した 4 つのインクカートリッジ 3 1 を示しているが、印字手段 3 は、その他の色、例えば、ライトシアン、ライトマゼンダ、ダークイエローなどのインクカートリッジ 3 1 を更に備えるように構成されてもよい。

往復動機構 4 2 は、その両端をフレーム (図示せず) に支持されたキャリッジガイド軸 4 2 2 と、キャリッジガイド軸 4 2 2 と平行に延在するタイミ

ングベルト 4 2 1 とを有している。

キャリッジ 3 2 は、往復動機構 4 2 のキャリッジガイド軸 4 2 2 に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト 4 2 1 の一部に固定されている。

- 5 キャリッジモータ 4 1 の作動により、プーリを介してタイミングベルト 4 2 1 を正逆走行させると、キャリッジガイド軸 4 2 2 に案内されて、印字手段 3 が往復動する。そして、この往復動の際に、印刷されるイメージデータ（印刷データ）に対応して、ヘッドユニット 3 5 内の複数のインクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 から適宜インクが吐出され、記録用紙 P への印刷が行われる。

給紙装置 5 は、その駆動源となる給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 の作動により回転する給紙ローラ 5 2 とを有している。

- 給紙ローラ 5 2 は、記録用紙 P の送り経路（記録用紙 P）を挟んで上下に対向する従動ローラ 5 2 a と駆動ローラ 5 2 b とで構成され、駆動ローラ 5 2 b は給紙モータ 5 1 に連結されている。これにより、給紙ローラ 5 2 は、
15 トレイ 2 1 に設置した多数枚の記録用紙 P を、印刷装置 4 に向かって 1 枚ずつ送り込めるようになっている。なお、トレイ 2 1 に代えて、記録用紙 P を収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

- 制御部 6 は、例えば、パーソナルコンピュータ（P C）やデジタルカメラ（D C）等のホストコンピュータ 8 から入力された印刷データに基づいて、印刷装置 4 や給紙装置 5 等を制御することにより記録用紙 P に印刷処理を行うものである。また、制御部 6 は、操作パネル 7 の表示部にエラーメッセージ等を表示させ、あるいは L E D ランプ等を点灯／点滅させるとともに、操作部から入力された各種スイッチの押下信号に基づいて、対応する処理を
25 各部に実行させるものである。

図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。この図 2 において、本発明のインクジェットプリンタ 1 は、ホストコンピュータ 8 から入力された印刷データなどを受け取るインターフェース部（I F : Interface） 9 と、制御部 6 と、キャリッジモータ 4 1 と、

キャリッジモータ 4 1 を駆動制御するキャリッジモータドライバ 4 3 と、給紙モータ 5 1 と、給紙モータ 5 1 を駆動制御する給紙モータドライバ 5 3 と、ヘッドユニット 3 5 と、ヘッドユニット 3 5 を駆動制御するヘッドドライバ 3 3 と、吐出異常検出手段 1 0 とを備える。なお、吐出異常検出手段 1 0 及びヘッドドライバ 3 3 については、詳細を後述する。

この図 2 において、制御部 6 は、印刷処理や吐出異常検出処理などの各種処理を実行する CPU (Central Processing Unit) 6 1 と、ホストコンピュータ 8 から IF 9 を介して入力される印刷データを図示しないデータ格納領域に格納する不揮発性半導体メモリの一種である EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) (記憶手段) 6 2 と、後述する吐出異常検出処理などを実行する際に各種データを一時的に格納し、あるいは印刷処理などのアプリケーションプログラムを一時的に展開する RAM (Random Access Memory) 6 3 と、各部を制御する制御プログラム等を格納する不揮発性半導体メモリの一種である PROM 6 4 とを備えている。なお、制御部 6 の各構成要素は、図示しないバスを介して電氣的に接続されている。

上述のように、印字手段 3 は、各色のインクに対応した複数のヘッドユニット 3 5 から構成され、この各ヘッドユニット 3 5 は、複数のノズル 1 1 0 と、これらの各ノズル 1 1 0 に対応する静電アクチュエータ 1 2 0 と (複数のインクジェットヘッド 1 0 0) を備える。すなわち、ヘッドユニット 3 5 は、1 組のノズル 1 1 0 及び静電アクチュエータ 1 2 0 を有してなるインクジェットヘッド (液滴吐出ヘッド) 1 0 0 を複数個備えた構成になっている。そして、ヘッドドライバ 3 3 は、各インクジェットヘッド 1 0 0 の静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する駆動回路 1 8 と、切替手段 2 3 とから構成される (図 1 6 参照)。なお、インクジェットヘッド 1 0 0 及び静電アクチュエータ 1 2 0 の構成については後述する。

また、制御部 6 には、図示しないが、例えば、インクカートリッジ 3 1 のインク残量、印字手段 3 の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出可能な各

種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。

制御部 6 は、I F 9 を介して、ホストコンピュータ 8 から印刷データを手すると、その印刷データを E E P R O M 6 2 に格納する。そして、C P U 6 1 は、この印刷データに所定の処理を実行して、この処理データ及び各種
5 センサからの入力データに基づいて、各ドライバ 3 3、4 3、5 3 に駆動信号を出力する。各ドライバ 3 3、4 3、5 3 を介してこれらの駆動信号が入力されると、ヘッドユニット 3 5 の複数のインクジェットヘッド 1 0 0 に対応する静電アクチュエータ 1 2 0、印刷装置 4 のキャリッジモータ 4 1 及び給紙装置 5 がそれぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷処理が実行
10 される。

次に、各ヘッドユニット 3 5 内の各インクジェットヘッド 1 0 0 の構造を説明する。図 3 は、図 2 に示すヘッドユニット 3 5 内の 1 つのインクジェットヘッド 1 0 0 の概略的な断面図（インクカートリッジ 3 1 などの共通部分を含む）であり、図 4 は、1 色のインクに対応するヘッドユニット 3 5 の概
15 略的な構成を示す分解斜視図であり、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 を複数適用したヘッドユニット 3 5 のノズル面の一例を示す平面図である。なお、図 3 及び図 4 は、通常使用される状態とは上下逆に示されており、図 5 は、図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 を図中上方から見たときの平面図である。

図 3 に示すように、ヘッドユニット 3 5 は、インク取り入れ口 1 3 1、ダンパ室 1 3 0 及びインク供給チューブ 3 1 1 を介して、インクカートリッジ 3 1 に接続されている。ここで、ダンパ室 1 3 0 は、ゴムからなるダンパ 1 3 2 を備えている。このダンパ室 1 3 0 により、キャリッジ 3 2 が往復走行する際のインクの揺れ及びインク圧の変化を吸収することができ、これによ
20 り、ヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 に所定量のインクを安定的に供給することができる。

また、ヘッドユニット 3 5 は、シリコン基板 1 4 0 を挟んで、上側に同じくシリコン製のノズルプレート 1 5 0 と、下側にシリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス基板（ガラス基板）1 6 0 とがそれぞれ積層された 3 層構造

をなしている。中央のシリコン基板 140 には、独立した複数のキャビティ（圧力室）141（図4では、7つのキャビティを示す）と、1つのリザーバ（共通インク室）143と、このリザーバ143を各キャビティ141に連通させるインク供給口（オリフィス）142としてそれぞれ機能する溝が

5 形成されている。各溝は、例えば、シリコン基板140の表面からエッチング処理を施すことにより形成することができる。このノズルプレート150と、シリコン基板140と、ガラス基板160とがこの順序で接合され、各キャビティ141、リザーバ143、各インク供給口142が区画形成されている。

10 これらのキャビティ141は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成されており、後述する振動板121の振動（変位）によりその容積が可変であり、この容積変化によりノズル（インクノズル）110からインク（液状材料）を吐出するよう構成されている。ノズルプレート150には、各キャビティ141の先端側の部分に対応する位置に、ノズル110が形成されており、

15 これらが各キャビティ141に連通している。また、リザーバ143が位置しているガラス基板160の部分には、リザーバ143に連通するインク取入れ口131が形成されている。インクは、インクカートリッジ31からインク供給チューブ311、ダンパ室130を経てインク取入れ口131を通り、リザーバ143に供給される。リザーバ143に供給されたインクは、

20 各インク供給口142を通して、独立した各キャビティ141に供給される。なお、各キャビティ141は、ノズルプレート150と、側壁（隔壁）144と、底壁121とによって、区画形成されている。

独立した各キャビティ141は、その底壁121が薄肉に形成されており、底壁121は、その面外方向（厚さ方向）、すなわち、図3において上下

25 方向に弾性変形（弾性変位）可能な振動板（ダイヤフラム）として機能するように構成されている。したがって、この底壁121の部分を、以後の説明の都合上、振動板121と称して説明することもある（すなわち、以下、「底壁」と「振動板」のいずれにも符号121を用いる）。

ガラス基板160のシリコン基板140側の表面には、シリコン基板14

0の各キャビティ141に対応した位置に、それぞれ、浅い凹部161が形成されている。したがって、各キャビティ141の底壁121は、凹部161が形成されたガラス基板160の対向壁162の表面に、所定の間隙を介して対峙している。すなわち、キャビティ141の底壁121と後述するセグメント電極122の間には、所定の厚さ（例えば、0.2ミクロン程度）の空隙が存在する。なお、前記凹部161は、例えば、エッチングなどで形成することができる。

ここで、各キャビティ141の底壁（振動板）121は、ヘッドドライバ33から供給される駆動信号によってそれぞれ電荷を蓄えるための各キャビティ141側の共通電極124の一部を構成している。すなわち、各キャビティ141の振動板121は、それぞれ、後述する対応する静電アクチュエータ120の対向電極（コンデンサの対向電極）の一方を兼ねている。そして、ガラス基板160の凹部161の表面には、各キャビティ141の底壁121に対峙するように、それぞれ、共通電極124に対向する電極であるセグメント電極122が形成されている。また、図3に示すように、各キャビティ141の底壁121の表面は、シリコンの酸化膜（ SiO_2 ）からなる絶縁層123により覆われている。このように、各キャビティ141の底壁121、すなわち、振動板121と、それに対応する各セグメント電極122とは、キャビティ141の底壁121の図3中下側の表面に形成された絶縁層123と凹部161内の空隙とを介し、対向電極（コンデンサの対向電極）を形成（構成）している。したがって、振動板121と、セグメント電極122と、これらの間の絶縁層123及び空隙とにより、静電アクチュエータ120の主要部が構成される。

図3に示すように、これらの対向電極の間に駆動電圧を印加するための駆動回路18を含むヘッドドライバ33は、制御部6から入力される印字信号（印字データ）に応じて、これらの対向電極間の充放電を行う。ヘッドドライバ（電圧印加手段）33の一方の出力端子は、個々のセグメント電極122に接続され、他方の出力端子は、シリコン基板140に形成された共通電極124の入力端子124aに接続されている。なお、シリコン基板140

には不純物が注入されており、それ自体が導電性をもつために、この共通電極 1 2 4 の入力端子 1 2 4 a から底壁 1 2 1 の共通電極 1 2 4 に電圧を供給することができる。また、例えば、シリコン基板 1 4 0 の一方の面に金や銅などの導電性材料の薄膜を形成してもよい。これにより、低い電気抵抗で（
5 効率良く）共通電極 1 2 4 に電圧（電荷）を供給することができる。この薄膜は、例えば、蒸着あるいはスパッタリング等によって形成すればよい。ここで、本実施形態では、例えば、シリコン基板 1 4 0 とガラス基板 1 6 0 とを陽極接合によって結合（接合）させるので、その陽極結合において電極として用いる導電膜をシリコン基板 1 4 0 の流路形成面側（図 3 に示すシリ
10 コン基板 1 4 0 の上部側）に形成している。そして、この導電膜をそのまま共通電極 1 2 4 の入力端子 1 2 4 a として用いる。なお、本発明では、例えば、共通電極 1 2 4 の入力端子 1 2 4 a を省略してもよく、また、シリコン基板 1 4 0 とガラス基板 1 6 0 との接合方法は、陽極接合に限定されない。

図 4 に示すように、ヘッドユニット 3 5 は、複数のインクジェットヘッド
15 1 0 0 に対応する複数のノズル 1 1 0 が形成されたノズルプレート 1 5 0 と、複数のキャビティ 1 4 1、複数のインク供給口 1 4 2、1 つのリザーバ 1 4 3 が形成されたシリコン基板（インク室基板） 1 4 0 と、絶縁層 1 2 3 とを備え、これらがガラス基板 1 6 0 を含む基体 1 7 0 に収納されている。基体 1 7 0 は、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、こ
20 の基体 1 7 0 にシリコン基板 1 4 0 が固定、支持されている。

なお、ノズルプレート 1 5 0 に形成された複数のノズル 1 1 0 は、図 4 では簡潔に示すためにリザーバ 1 4 3 に対して略並行に直線的に配列されているが、ノズル 1 1 0 の配列パターンはこの構成に限らず、通常は、例えば、
図 5 に示すノズル配置パターンのように、段をずらして配置される。また、
25 このノズル 1 1 0 間のピッチは、印刷解像度（d p i）に応じて適宜設定され得るものである。なお、図 5 では、4 色のインク（インクカートリッジ 3 1）を適用した場合におけるノズル 1 1 0 の配置パターンを示している。

図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す。ヘッドドライバ 3 3 から対向電極間に駆動電圧が印加されると、対向電極間にクーロ

ンカが発生し、底壁（振動板）１２１は、初期状態（図６（ａ））に対して、セグメント電極１２２側へ撓み、キャビティ１４１の容積が拡大する（図６（ｂ））。この状態において、ヘッドドライバ３３の制御により、対向電極間の電荷を急激に放電させると、振動板１２１は、その弾性復元力によって図中上方に復元し、初期状態における振動板１２１の位置を越えて上部に移動し、キャビティ１４１の容積が急激に収縮する（図６（ｃ））。このときキャビティ１４１内に発生する圧縮圧力により、キャビティ１４１を満たすインク（液状材料）の一部が、このキャビティ１４１に連通しているノズル１１０からインク滴として吐出される。

- 10 各キャビティ１４１の振動板１２１は、この一連の動作（ヘッドドライバ３３の駆動信号によるインク吐出動作）により、次の駆動信号（駆動電圧）が入力されて再びインク滴を吐出するまでの間、減衰振動をしている。以下、この減衰振動を残留振動とも称する。振動板１２１の残留振動は、ノズル１１０やインク供給口１４２の形状、あるいはインク粘度等による音響抵抗
- 15 r と、流路内のインク重量によるイナータンス m と、振動板１２１のコンプライアンス C_m とによって決定される固有振動周波数を有するものと想定される。

- 上記想定に基づく振動板１２１の残留振動の計算モデルについて説明する。図７は、振動板１２１の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。このように、振動板１２１の残留振動の計算モデルは、音圧 P と、上述のイナータンス m 、コンプライアンス C_m 及び音響抵抗 r とで表せる。そして、図７の回路に音圧 P を与えた時のステップ応答を体積速度 u について計算すると、次式が得られる。
- 20

【数 1】

$$u = \frac{P}{\omega \cdot m} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot C_m} - \alpha^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r}{2m} \quad (3)$$

この式から得られた計算結果と、別途行ったインク滴の吐出後の振動板 1 2 1 の残留振動の実験における実験結果とを比較する。図 8 は、振動板 1 2 1 の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。この図 8 に示すグラフからも分かるように、実験値と計算値の 2 つの波形は、概ね一致している。

さて、ヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 では、前述したような吐出動作を行ったにもかかわらずノズル 1 1 0 からインク滴が正常に吐出されない現象、すなわち液滴の吐出異常が発生する場合がある。この吐出異常が発生する原因としては、後述するように、①キャビティ 1 4 1 内への気泡の混入、②ノズル 1 1 0 付近でのインクの乾燥・増粘（固着）、③ノズル 1 1 0 出口付近への紙粉付着、等が挙げられる。

この吐出異常が発生すると、その結果としては、典型的にはノズル 1 1 0 から液滴が吐出されないこと、すなわち液滴の不吐出現象が現れ、その場合、記録用紙 P に印刷（描画）した画像における画素のドット抜けを生じる。また、吐出異常の場合には、ノズル 1 1 0 から液滴が吐出されたとしても、液滴の量が過少であったり、その液滴の飛行方向（弾道）がずれたりして適正に着弾しないので、やはり画素のドット抜けとなって現れる。このようなことから、以下の説明では、液滴の吐出異常のことを単に「ドット抜け」という場合もある。

以下において、図 8 に示す比較結果に基づいて、インクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 に発生する印刷処理時のドット抜け（吐出異常）現象（

液滴不吐出現象)の原因別に、振動板 1 2 1 の残留振動の計算値と実験値がマッチ(概ね一致)するように、音響抵抗 r 及び/又はイナータンス m の値を調整する。なお、ここでは、気泡混入、乾燥増粘及び紙粉付着の 3 種類について検討する。

- 5 まず、ドット抜けの 1 つの原因であるキャビティ 1 4 1 内への気泡の混入について検討する。図 9 は、図 3 のキャビティ 1 4 1 内に気泡 B が混入した場合のノズル 1 1 0 付近の概念図である。この図 9 に示すように、発生した気泡 B は、キャビティ 1 4 1 の壁面に発生付着しているものと想定される(図 9 では、気泡 B の付着位置の一例として、気泡 B がノズル 1 1 0 付近に付着している場合を示す)。

- 10 このように、キャビティ 1 4 1 内に気泡 B が混入した場合には、キャビティ 1 4 1 内を満たすインクの総重量が減り、イナータンス m が低下するものと考えられる。また、気泡 B は、キャビティ 1 4 1 の壁面に付着しているので、その径の大きさだけノズル 1 1 0 の径が大きくなったような状態となり、音響抵抗 r が低下するものと考えられる。

- 15 したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗 r 、イナータンス m を共に小さく設定して、気泡混入時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 10 のような結果(グラフ)が得られた。図 8 及び図 10 のグラフから分かるように、キャビティ 1 4 1 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時に比べて周波数が高くなる特徴的な残留振動波形が得られる。なお、音響抵抗 r の低下などにより、残留振動の振幅の減衰率も小さくなり、残留振動は、その振幅をゆっくりと下げていることも確認することができる。

- 20 次に、ドット抜けのもう 1 つの原因であるノズル 1 1 0 付近でのインクの乾燥(固着、増粘)について検討する。図 11 は、図 3 のノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル 1 1 0 付近の概念図である。この図 11 に示すように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥して固着した場合、キャビティ 1 4 1 内のインクは、キャビティ 1 4 1 内に閉じこめられたような状況となる。このように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥、増粘した

場合には、音響抵抗 r が増加するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗 r を大きく設定して、ノズル 1 1 0 付近のインク乾燥固着（増粘）時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 1 2 のような結果（グラフ）が得られた。なお、図 1 2 に示す実験値は、数日間図示しないキャップを装着しない状態でヘッドユニット 3 5 を放置し、キャビティ 1 4 1 内のノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥、増粘したことによりインクを吐出することができなくなった（インクが固着した）状態における振動板 1 2 1 の残留振動を測定したものである。図 8 及び図 1 2 のグラフから分かるように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥により固着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が極めて低くなるとともに、残留振動が過減衰となる特徴的な残留振動波形が得られる。これは、インク滴を吐出するために振動板 1 2 1 が図 3 中下方に引き寄せられることによって、キャビティ 1 4 1 内にリザーバ 1 4 3 からインクが流入した後に、振動板 1 2 1 が図 3 中上方に移動するときに、キャビティ 1 4 1 内のインクの逃げ道がないために、振動板 1 2 1 が急激に振動できなくなるため（過減衰となるため）である。

次に、ドット抜けのさらにもう 1 つの原因であるノズル 1 1 0 出口付近への紙粉付着について検討する。図 1 3 は、図 3 のノズル 1 1 0 出口付近に紙粉が付着した場合のノズル 1 1 0 付近の概念図である。この図 1 3 に示すように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合、キャビティ 1 4 1 内から紙粉を介してインクが染み出してしまうとともに、ノズル 1 1 0 からインクを吐出することができなくなる。このように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着し、ノズル 1 1 0 からインクが染み出している場合には、振動板 1 2 1 からみてキャビティ 1 4 1 内及び染み出し分のインクが正常時よりも増えることにより、イナータンス m が増加するものと考えられる。また、ノズル 1 1 0 の出口付近に付着した紙粉の繊維によって音響抵抗 r が増大するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、イナータンス m 、音響抵抗 r を共に大きく設定して、ノズル 1 1 0 の出口付近への紙粉

付着時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 1 4 のような結果（グラフ）が得られた。図 8 及び図 1 4 のグラフから分かるように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が低くなる特徴的な残留振動波形が得られる（ここで、紙粉付着の場合、インクの乾燥の場合よりは、残留振動の周波数が高いことも、図 1 2 及び図 1 4 のグラフから分かる。）。なお、図 1 5 は、この紙粉付着前後におけるノズル 1 1 0 の状態を示す写真である。ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着すると、紙粉に沿ってインクがにじみ出している状態を、図 1 5（b）から見出すことができる。

- 10 ここで、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥して増粘した場合と、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合とでは、いずれも正常にインク滴が吐出された場合に比べて減衰振動の周波数が低くなっている。これら 2 つのドット抜け（インク不吐出：吐出異常）の原因を振動板 1 2 1 の残留振動の波形から特定するために、例えば、減衰振動の周波数や周期、位相において所定のしきい値を持って比較するか、あるいは、残留振動（減衰振動）の周期変化や振幅変化の減衰率から特定することができる。このようにして、各インクジェットヘッド 1 0 0 におけるノズル 1 1 0 からのインク滴が吐出されたときの振動板 1 2 1 の残留振動の変化、特に、その周波数の変化によって、各インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常を検出することができる。また、その場合の残留振動の周波数を正常吐出時の残留振動の周波数と比較することにより、吐出異常の原因を特定することもできる。

- 25 次に、本発明の吐出異常検出手段 1 0 について説明する。図 1 6 は、図 2 に示す吐出異常検出手段 1 0 の概略的なブロック図である。この図 1 6 に示すように、本発明の吐出異常検出手段 1 0 は、発振回路 1 1 と、F/V 変換回路 1 2 と、波形整形回路 1 5 とから構成される残留振動検出手段 1 6 と、この残留振動検出手段 1 6 によって検出された残留振動波形データから周期や振幅などを計測する計測手段 1 7 と、この計測手段 1 7 によって計測された周期などに基づいてインクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常を判定する判定手段 2 0 とを備えている。吐出異常検出手段 1 0 では、残留振動検出手段

16は、静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動に基づいて、
発振回路11が発振し、その発振周波数からF/V変換回路12及び波形整
形回路15において振動波形を形成して、検出する。そして、計測手段17
は、検出された振動波形に基づいて残留振動の周期などを計測し、判定手段
5 20は、計測された残留振動の周期など（残留振動の振動パターン）に基づ
いて、ヘッドユニット35内のインクジェットヘッド100の吐出異常を検
出、判定する。以下、吐出異常検出手段10の各構成要素について説明する
。

まず、静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動の周波数（振
10 動数）を検出するために、発振回路11を用いる方法を説明する。図17は
、図3の静電アクチュエータ120を平行平板コンデンサとした場合の概念
図であり、図18は、図3の静電アクチュエータ120から構成されるコン
デンサを含む発振回路11の回路図である。なお、図18に示す発振回路1
1は、シュミットトリガのヒステリシス特性を利用するCR発振回路である
15 が、本発明はこのようなCR発振回路に限定されず、アクチュエータ（振動
板を含む）の静電容量成分（コンデンサC）を用いる発振回路であればどの
ような発振回路でもよい。発振回路11は、例えば、LC発振回路を利用し
た構成としてもよい。また、本実施形態では、シュミットトリガインバータ
を用いた例を示して説明しているが、例えば、インバータを3段用いたCR
20 発振回路を構成してもよい。

図3に示すインクジェットヘッド100では、上述のように、振動板12
1と非常にわずかな間隔（空隙）を隔てたセグメント電極122とが対向電
極を形成する静電アクチュエータ120を構成している。この静電アクチュ
エータ120は、図17に示すような平行平板コンデンサと考えることがで
25 きる。このコンデンサの静電容量をC、振動板121及びセグメント電極1
22のそれぞれの表面積をS、2つの電極121、122の距離（ギャップ
長）をg、両電極に挟まれた空間（空隙）の誘電率を ϵ （真空の誘電率を ϵ_0 、
空隙の比誘電率を ϵ_r ）とすると、 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ）とすると、図17に
示すコンデンサ（静電アクチュエータ120）の静電容量C（x）は、次式

で表される。

【数 2】

$$C(x) = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \frac{S}{g - x} \quad (F) \quad (4)$$

なお、式（４）の x は、図 1 7 に示すように、振動板 1 2 1 の残留振動によって生じる振動板 1 2 1 の基準位置からの変位量を示している。

- 5 この式（４）から分かるように、ギャップ長 g （ギャップ長 g －変位量 x ）が小さくなれば、静電容量 $C(x)$ は大きくなり、逆にギャップ長 g （ギャップ長 g －変位量 x ）が大きくなれば、静電容量 $C(x)$ は小さくなる。このように、静電容量 $C(x)$ は、（ギャップ長 g －変位量 x ）（ x が 0 の場合は、ギャップ長 g ）に反比例している。なお、図 3 に示す静電アクチュエータ 1 2 0 では、空隙は空気で満たされているので、比誘電率 $\varepsilon_r = 1$ である。
- 10

- また、一般に、液滴吐出装置（本実施形態では、インクジェットプリンタ 1）の解像度が高まるにつれて、吐出されるインク滴（インクドット）が微小化されるので、この静電アクチュエータ 1 2 0 は、高密度化、小型化される。それによって、インクジェットヘッド 1 0 0 の振動板 1 2 1 の表面積 S が小さくなり、小さな静電アクチュエータ 1 2 0 が構成される。さらに、インク滴吐出による残留振動によって変化する静電アクチュエータ 1 2 0 のギャップ長 g は、初期ギャップ g_0 の 1 割程度となるため、式（４）から分かるように、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量の変化量は非常に小さな値となる。
- 15
- 20

- この静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量の変化量（残留振動の振動パターンにより異なる）を検出するために、以下のような方法、すなわち、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量に基づいた図 1 8 のような発振回路を構成し、発振された信号に基づいて残留振動の周波数（周期）を解析する方法を用いる。図 1 8 に示す発振回路 1 1 は、静電アクチュエータ 1 2 0 から構成
- 25

されるコンデンサ（C）と、シュミットトリガインバータ 1 1 1 と、抵抗素子（R） 1 1 2 とから構成される。

シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が H i g h レベルの場合、抵抗素子 1 1 2 を介してコンデンサ C を充電する。コンデンサ C の充電電圧

5 （振動板 1 2 1 とセグメント電極 1 2 2 との間の電位差）が、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の入力スレッシュホールド電圧 $V_T +$ に達すると、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が L o w レベルに反転する。そして、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が L o w レベルとなると、抵抗素子 1 1 2 を介してコンデンサ C に充電されていた電荷が放電される。

10 この放電によりコンデンサ C の電圧がシュミットトリガインバータ 1 1 1 の入力スレッシュホールド電圧 $V_T -$ に達すると、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が再び H i g h レベルに反転する。以降、この発振動作が繰り返される。

ここで、上述のそれぞれの現象（気泡混入、乾燥、紙粉付着、及び正常吐
15 出）におけるコンデンサ C の静電容量の時間変化を検出するためには、この発振回路 1 1 による発振周波数は、残留振動の周波数が最も高い気泡混入時（図 1 0 参照）の周波数を検出することができる発振周波数に設定される必要がある。そのため、発振回路 1 1 の発振周波数は、例えば、検出する残留振動の周波数の数倍から数十倍以上、すなわち、気泡混入時の周波数よりお
20 よそ 1 桁以上高い周波数となるようにしなければならない。この場合、好ましくは、気泡混入時の残留振動の周波数が正常吐出の場合と比較して高い周波数を示すため、気泡混入時の残留振動周波数が検知可能な発振周波数に設定するとよい。そうしなければ、吐出異常の現象に対して正確な残留振動の周波数を検出することができない。そのため、本実施形態では、発振周波数
25 に応じて、発振回路 1 1 の C R の時定数を設定している。このように、発振回路 1 1 の発振周波数を高く設定することにより、この発振周波数の微小変化に基づいて、より正確な残留振動波形を検出することができる。

なお、発振回路 1 1 から出力される発振信号の発振周波数の周期（パルス）毎に、測定用のカウントパルス（カウンタ）を用いてそのパルスをカウ

トし、初期ギャップ g_0 におけるコンデンサCの静電容量で発振させた場合の発振周波数のパルスのカウント量を測定したカウント量から減算することにより、残留振動波形について発振周波数毎のデジタル情報が得られる。これらのデジタル情報に基づいて、デジタル／アナログ（D／A）変換を行うことにより、概略的な残留振動波形が生成され得る。このような方法を用いてもよいが、測定用のカウントパルス（カウンタ）には、発振周波数の微小変化を測定することができる高い周波数（高解像度）のものが必要となる。このようなカウントパルス（カウンタ）は、コストをアップさせるため、本発明の吐出異常検出手段10では、図19に示すF／V変換回路12を用いている。

図19は、図16に示す吐出異常検出手段10のF／V変換回路12の回路図である。この図19に示すように、F／V変換回路12は、3つのスイッチSW1、SW2、SW3と、2つのコンデンサC1、C2と、抵抗素子R1と、定電流Isを出力する定電流源13と、バッファ14とから構成される。このF／V変換回路12の動作を図20のタイミングチャート及び図21のグラフを用いて説明する。

まず、図20のタイミングチャートに示す充電信号、ホールド信号及びクリア信号の生成方法について説明する。充電信号は、発振回路11の発振パルスの立ち上がりエッジから固定時間 t_r を設定し、その固定時間 t_r の間Highレベルとなるようにして生成される。ホールド信号は、充電信号の立ち上がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけHighレベルに保持され、Lowレベルに立ち下がるようにして生成される。クリア信号は、ホールド信号の立ち下がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけHighレベルに保持され、Lowレベルに立ち下がるようにして生成される。なお、後述するように、コンデンサC1からコンデンサC2への電荷の移動及びコンデンサC1の放電は瞬時に行われるので、ホールド信号及びクリア信号のパルスは、発振回路11の出力信号の次の立ち上がりエッジまでにそれぞれ1つのパルスが含まれればよく、上記のような立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジに限定されない。

きれいな残留振動の波形（電圧波形）を得るために、図 2 1 を参照して、固定時間 t_r 及び t_1 の設定方法を説明する。固定時間 t_r は、静電アクチュエータ 1 2 0 が初期ギャップ長 g_0 のときにおける静電容量 C で発振した発振パルスの周期から調整され、充電時間 t_1 による充電電位が C_1 の充電範囲のおよそ $1/2$ 付近となるように設定される。また、ギャップ長 g が最大（ Max ）の位置における充電時間 t_2 から最小（ Min ）の位置における充電時間 t_3 の間で、コンデンサ C_1 の充電範囲を超えないように充電電位の傾きが設定される。すなわち、充電電位の傾きは、 $dV/dt = I_s / C_1$ によって決定されるため、定電流源 1 3 の出力定電流 I_s を適当な値に設定すればよい。この定電流源 1 3 の出力定電流 I_s をその範囲内でできるだけ高く設定することによって、静電アクチュエータ 1 2 0 によって構成されるコンデンサの微小な静電容量の変化を高感度で検出することができ、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 の微小な変化を検出することが可能となる。

次いで、図 2 2 を参照して、図 1 6 に示す波形整形回路 1 5 の構成を説明する。図 2 2 は、図 1 6 の波形整形回路 1 5 の回路構成を示す回路図である。この波形整形回路 1 5 は、残留振動波形を矩形波として判定手段 2 0 に出力するものである。この図 2 2 に示すように、波形整形回路 1 5 は、2 つのコンデンサ C_3 （ DC 成分除去手段）、 C_4 と、2 つの抵抗素子 R_2 、 R_3 と、2 つの直流電圧源 V_{ref1} 、 V_{ref2} と、増幅器（オペアンプ）1 5 1 と、比較器（コンパレータ）1 5 2 とから構成される。なお、残留振動波形の波形整形処理において、検出される波高値をそのまま出力して、残留振動波形の振幅を計測するように構成してもよい。

F/V 変換回路 1 2 のバッファ 1 4 の出力には、静電アクチュエータ 1 2 0 の初期ギャップ g_0 に基づく DC 成分（直流成分）の静電容量成分が含まれている。この直流成分は各インクジェットヘッド 1 0 0 によりばらつきがあるため、コンデンサ C_3 は、この静電容量の直流成分を除去するものである。そして、コンデンサ C_3 は、バッファ 1 4 の出力信号における DC 成分を除去し、残留振動の AC 成分のみをオペアンプ 1 5 1 の反転入力端子に出

力する。

オペアンプ151は、直流成分が除去されたF/V変換回路12のバッファ14の出力信号を反転増幅するとともに、その出力信号の高域を除去するためのローパスフィルタを構成している。なお、このオペアンプ151は、
5 単電源回路を想定している。オペアンプ151は、2つの抵抗素子R2、R3による反転増幅器を構成し、入力された残留振動（交流成分）は、 $-R3/R2$ 倍に振幅される。

また、オペアンプ151の単電源動作のために、その非反転入力端子に接続された直流電圧源Vref1によって設定された電位を中心に振動する、
10 増幅された振動板121の残留振動波形が出力される。ここで、直流電圧源Vref1は、オペアンプ151が単電源で動作可能な電圧範囲の1/2程度に設定されている。さらに、このオペアンプ151は、2つのコンデンサC3、C4により、カットオフ周波数 $1/(2\pi \times C4 \times R3)$ となるローパスフィルタを構成している。そして、直流成分を除去された後に増幅された振動板121の残留振動波形は、図20のタイミングチャートに示すよう
15 に、次段の比較器（コンパレータ）152でもう一つの直流電圧源Vref2の電位と比較され、その比較結果が矩形波として波形整形回路15から出力される。なお、直流電圧源Vref2は、もう一つの直流電圧源Vref1を共用してもよい。

20 次に、図20に示すタイミングチャートを参照して、図19のF/V変換回路12及び波形整形回路15の動作を説明する。上述のように生成された充電信号、クリア信号及びホールド信号に基づいて、図19に示すF/V変換回路12は動作する。図20のタイミングチャートにおいて、静電アクチュエータ120の駆動信号がヘッドドライバ33を介してヘッドユニット3
25 5のインクジェットヘッド100に入力されると、図6（b）に示すように、静電アクチュエータ120の振動板121がセグメント電極122側に引きつけられ、この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、図6中上方に向けて急激に収縮する（図6（c）参照）。

この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動回路18と吐出異常検

出手段 10 とを切り替える駆動／検出切替信号が H i g h レベルとなる。この駆動／検出切替信号は、対応するインクジェットヘッド 100 の駆動休止期間中、H i g h レベルに保持され、次の駆動信号が入力される前に、L o w レベルになる。この駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間、図 18 の

5 発振回路 11 は、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動に対応して発振周波数を変えながら発振している。

上述のように、駆動信号の立ち下がりエッジ、すなわち、発振回路 11 の出力信号の立ち上がりエッジから、残留振動の波形がコンデンサ C 1 に充電可能な範囲を超えないように予め設定された固定時間 t_r だけ経過するまで

10 、充電信号は、H i g h レベルに保持される。なお、充電信号が H i g h レベルである間、スイッチ S W 1 はオフの状態である。

固定時間 t_r が経過し、充電信号が L o w レベルになると、その充電信号の立ち下がりエッジに同期して、スイッチ S W 1 がオンされる（図 19 参照）。そして、定電流源 13 とコンデンサ C 1 とが接続され、コンデンサ C 1

15 は、上述のように、傾き I_s / C_1 で充電される。充電信号が L o w レベルである期間、すなわち、発振回路 11 の出力信号の次のパルスの立ち上がりエッジに同期して H i g h レベルになるまでの間、コンデンサ C 1 は充電される。

充電信号が H i g h レベルになると、スイッチ S W 1 はオフ（オープン）

20 となり、定電流源 13 とコンデンサ C 1 は切り離される。このとき、コンデンサ C 1 には、充電信号が L o w レベルの期間 t_1 の間に充電された電位（すなわち、理想的には $I_s \times t_1 / C_1$ (V)）が保存されている。この状態で、ホールド信号が H i g h レベルになると、スイッチ S W 2 がオンされ（図 19 参照）、コンデンサ C 1 とコンデンサ C 2 が、抵抗素子 R 1 を介して

25 接続される。スイッチ S W 2 の接続後、2 つのコンデンサ C 1、C 2 の充電電位差によって互いに充放電が行われ、2 つのコンデンサ C 1、C 2 の電位差が概ね等しくなるように、コンデンサ C 1 からコンデンサ C 2 に電荷が移動する。

ここで、コンデンサ C 1 の静電容量に対してコンデンサ C 2 の静電容量は

、約 $1/10$ 以下程度に設定されている。そのため、2つのコンデンサC1、C2間の電位差によって生じる充放電で移動する（使用される）電荷量は、コンデンサC1に充電されている電荷の $1/10$ 以下となる。したがって、コンデンサC1からコンデンサC2へ電荷が移動した後においても、コン
5 デンサC1の電位差は、それほど変化しない（それほど下がらない）。なお、図19のF/V変換回路12では、コンデンサC2に充電されるときF/V変換回路12の配線のインダクタンス等により充電電位が急激に跳ね上がらないようにするために、抵抗素子R1とコンデンサC2により一次のローパスフィルタを構成している。

10 コンデンサC2にコンデンサC1の充電電位と概ね等しい充電電位が保持された後、ホールド信号がLowレベルとなり、コンデンサC1はコンデンサC2から切り離される。さらに、クリア信号がHighレベルとなり、スイッチSW3がオンすることにより、コンデンサC1がグラウンドGNDに接続され、コンデンサC1に充電されていた電荷が0となるように放電動作
15 が行なわれる。コンデンサC1の放電後、クリア信号はLowレベルとなり、スイッチSW3がオフすることにより、コンデンサC1の図19中上部の電極がグラウンドGNDから切り離され、次の充電信号が入力されるまで、すなわち、充電信号がLowレベルになるまで待機している。

 コンデンサC2に保持されている電位は、充電信号の立ち上がりのタイミ
20 ング毎、すなわち、コンデンサC2への充電完了のタイミング毎に更新され、バッファ14を介して振動板121の残留振動波形として図22の波形整形回路15に出力される。したがって、発振回路11の発振周波数が高くなるように静電アクチュエータ120の静電容量（この場合、残留振動による静電容量の変動幅も考慮しなければならない）と抵抗素子112の抵抗値を
25 設定すれば、図20のタイミングチャートに示すコンデンサC2の電位（バッファ14の出力）の各ステップ（段差）がより詳細になるので、振動板121の残留振動による静電容量の時間的な変化をより詳細に検出することが可能となる。

 以下同様に、充電信号がLowレベル→Highレベル→Lowレベル・

・ ・ と繰り返し、上記所定のタイミングでコンデンサC 2に保持されている電位がバッファ1 4を介して波形整形回路1 5に出力される。波形整形回路1 5では、バッファ1 4から入力された電圧信号（図2 0のタイミングチャートにおいて、コンデンサC 2の電位）の直流成分がコンデンサC 3によって除去され、抵抗素子R 2を介してオペアンプ1 5 1の反転入力端子に入力される。入力された残留振動の交流（AC）成分は、このオペアンプ1 5 1によって反転増幅され、コンパレータ1 5 2の一方の入力端子に出力される。コンパレータ1 5 2は、予め直流電圧源V r e f 2によって設定されている電位（基準電圧）と、残留振動波形（交流成分）の電位とを比較し、矩形波を出力する（図2 0のタイミングチャートにおける比較回路の出力）。

次に、インクジェットヘッド1 0 0のインク滴吐出動作（駆動）と吐出異常検出動作（駆動休止）との切り替えタイミングについて説明する。図2 3は、駆動回路1 8と吐出異常検出手段1 0との切替手段2 3の概略を示すブロック図である。なお、この図2 3では、図1 6に示すヘッドドライバ3 3内の駆動回路1 8をインクジェットヘッド1 0 0の駆動回路として説明する。図2 0のタイミングチャートでも示したように、本発明の吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド1 0 0の駆動信号と駆動信号の間、すなわち、駆動休止期間に実行されている。

図2 3において、静電アクチュエータ1 2 0を駆動するために、切替手段2 3は、最初は駆動回路1 8側に接続されている。上述のように、駆動回路1 8から駆動信号（電圧信号）が振動板1 2 1に入力されると、静電アクチュエータ1 2 0が駆動し、振動板1 2 1は、セグメント電極1 2 2側に引きつけられ、印加電圧が0になるとセグメント電極1 2 2から離れる方向に急激に変位して振動（残留振動）を開始する。このとき、インクジェットヘッド1 0 0のノズル1 1 0からインク滴が吐出される。

駆動信号のパルスが立ち下がると、その立ち下がリエッジに同期して駆動／検出切替信号（図2 0のタイミングチャート参照）が切替手段2 3に入力され、切替手段2 3は、駆動回路1 8から吐出異常検出手段（検出回路）1 0側に切り替えられ、静電アクチュエータ1 2 0（発振回路1 1のコンデン

サとして利用)は吐出異常検出手段10と接続される。

そして、吐出異常検出手段10は、上述のような吐出異常(ドット抜け)の検出処理を実行し、波形整形回路15の比較器152から出力される振動板121の残留振動波形データ(矩形波データ)を計測手段17によって残留振動波形の周期や振幅などに数値化する。本実施形態では、計測手段17は、残留振動波形データから特定の振動周期を測定し、その計測結果(数値)を判定手段20に出力する。なお、計測手段17は、残留振動の周期だけでなく、残留振動波形の所定の期間、例えば、駆動信号の立ち下がり(あるいは駆動/検出切替信号の立ち上がり)から残留振動が発生するまでの期間、残留振動発生後の最初の半周期(あるいは、半周期毎)、残留振動発生後の最初の1周期(あるいは、1周期毎)などを計測してもよい。また、計測手段17は、最初の立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまでの時間を計測し、その計測された時間(すなわち、半周期)の2倍の時間を残留振動の周期として判定手段20に出力してもよい。

図24は、計測手段17の一例を示すブロック図である。計測手段17は、比較器152の出力信号の波形(矩形波)の最初の立ち上がりエッジまでの期間や最初の立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまでの時間(残留振動の周期)を計測するために、減算カウンタ45を用いて基準パルスを減算カウントし、その減算結果から残留振動の所定の期間を計測している。この図24において、計測手段17は、論理積回路ANDと、減算カウンタ45と、正常カウント値メモリ46とから構成される。なお、基準パルスは、図示しないパルス生成手段により生成される。

図24に示すように、論理積回路ANDは、駆動/検出切替信号と基準パルスとの論理積を減算カウンタ45に出力する。すなわち、駆動/検出切替信号がHighレベルであるとき、基準パルスが減算カウンタ45に出力される。減算カウンタ45は、正常カウント値メモリ46から所定のカウント値を入力されると、それを保持する。そして、基準パルスが入力されると、減算カウンタ45は、所定の時間、その所定のカウント値から基準パルスのパルス数を減算する。なお、所定の時間とは、例えば、インクジェットヘッ

ド 1 0 0 から正常にインク滴が吐出された場合に振動板 1 2 1 の残留振動が発生するまでの時間、正常吐出時の残留振動の半周期、正常吐出時の残留振動の 1 周期などである。また、正常カウント値メモリ 4 6 に記憶されている所定のカウント値としては、正常吐出時における上述の所定の時間に基準パルスでカウントされたパルス数である。

減算カウンタ 4 5 は、図 2 5 のタイミングチャートに示すように、L o a d 信号の入力のタイミングで正常カウント値メモリ 4 6 から所定のカウント値（正常カウント値）を取得し、駆動／検出切替信号が H i g h レベルの間、ゲートを開いて、基準パルスを受け、それを正常カウント値から減算する。そして、減算カウンタ 4 5 は、その減算結果を判定手段 2 0 に出力する。

タイミング生成手段 3 6 は、残留振動検出手段 1 6 から入力される残留振動波形に基づいて、L s 信号を生成し、この L s 信号を記憶手段 6 2 に出力する。なお、各インクジェットヘッド 1 0 0 に対応する L s 信号は、静電アクチュエータ 1 2 0 の吐出駆動後、随時検出される残留振動波形の立ち上がりエッジ又は立ち下がりエッジに同期して生成されるものであり、このエッジの任意の期間を基準パルスでカウントし、判定結果を L s 信号のタイミングとして記憶するように構成してもよい。

判定手段 2 0 は、減算カウンタ 4 5 の減算処理により得られた減算結果を比較基準値メモリ 4 7 から入力される所定の基準値と比較する。そして、H i g h レベルの L s 信号の入力のタイミング（L s 信号が H i g h レベルになるタイミング）で、判定手段 2 0 の判定結果が保持され、その判定結果は、記憶手段 6 2 に出力される。なお、所定の基準値としては、いくつかの基準値（閾値）が設けられ、判定結果をこのいくつかの基準値とそれぞれ比較することにより、上述した吐出異常（気泡混入、紙粉付着及び乾燥増粘）を検出し、判定することができる。詳細については後述する。

なお、正常カウントとメモリ 4 6 及び比較基準値メモリ 4 7 は、それぞれ別々のメモリとしてインクジェットプリンタ 1 に設けられてもよく、制御部 6 の E E P R O M （記憶手段） 6 2 と共用されてもよい。また、このような減算カウント処理は、インクジェットプリンタ 1 の静電アクチュエータ 1 2

0が駆動していない駆動休止期間に行われる。これにより、インクジェットプリンタ1のスループットを低下させることなく、吐出異常の検出を行うことができる。

判定手段20は、計測手段17によって計測された残留振動波形の特定の振動周期など（計測結果）に基づいて、ノズルの吐出異常の有無、吐出異常の原因、比較偏差量などを判定し、その判定結果を制御部6に出力する。制御部6は、EEPROM（記憶手段）62の所定の格納領域にこの判定結果を保存する。そして、駆動回路18からの次の駆動信号が入力されるタイミングで、駆動／検出切替信号が切替手段23に再び入力され、駆動回路18と静電アクチュエータ120とを接続する。駆動回路18は、一旦駆動電圧を印加するとグラウンド（GND）レベルを維持するので、切替手段23によって上記のような切り替えを行っている（図20のタイミングチャート参照）。これにより、駆動回路18からの外乱などに影響されることなく、静電アクチュエータ120の振動板121の残留振動波形を正確に検出することができる。

なお、本発明では、残留振動波形データは、比較器152により矩形波化したものに限定されない。上述の図24の構成のように、オペアンプ151から出力された残留振動振幅データは、比較器152により比較処理を行うことなく、A/D変換を行う計測手段17によって随時数値化され、その数値化されたデータに基づいて、判定手段20により吐出異常の有無などを判定し、この判定結果を記憶手段62に記憶するように構成してもよい。

また、ノズル110のメニスカス（ノズル110内インクが大気と接する面）は、振動板121の残留振動に同期して振動するため、インクジェットヘッド100は、インク滴の吐出動作後、このメニスカスの残留振動が音響抵抗 r によって概ね決まった時間で減衰するのを待ってから（所定の時間待機して）、次の吐出動作を行っている。本発明では、この待機時間を有効に利用して振動板121の残留振動を検出しているので、インクジェットヘッド100の駆動に影響しない吐出異常検出を行うことができる。すなわち、インクジェットプリンタ1（液滴吐出装置）のスループットを低下させるこ

となく、インクジェットヘッド100のノズル110の吐出異常検出処理を実行することができる。

上述のように、インクジェットヘッド100のキャビティ141内に気泡が混入した場合には、正常吐出時の振動板121の残留振動波形に比べて、
5 周波数が高くなるので、その周期は逆に正常吐出時の残留振動の周期よりも短くなる。また、ノズル110付近のインクが乾燥により増粘、固着した場合には、残留振動が過減衰となり、正常吐出時の残留振動波形に比べて、周波数が相当低くなるので、その周期は正常吐出時の残留振動の周期よりもかなり長くなる。また、ノズル110の出口付近に紙粉が付着した場合には、
10 残留振動の周波数は、正常吐出時の残留振動の周波数よりも低く、しかし、インクの乾燥時の残留振動の周波数よりも高くなるので、その周期は、正常吐出時の残留振動の周期よりも長く、インク乾燥時の残留振動の周期よりも短くなる。

したがって、正常吐出時の残留振動の周期として、所定の範囲 T_r を設け
15 、また、ノズル110出口に紙粉が付着した場合における残留振動の周期と、ノズル110の出口付近でインクが乾燥した場合における残留振動の周期とを区別するために、所定のしきい値（所定の閾値） T_1 を設定することにより、このようなインクジェットヘッド100の吐出異常の原因を決定することができる。判定手段20は、上記吐出異常検出処理によって検出された
20 残留振動波形の周期 T_w が所定の範囲の周期であるか否か、また、所定のしきい値よりも長いかな否かを判定し、それによって、吐出異常の原因を判定している。

次に、図25のタイミングチャートを参照して、本発明の吐出異常検出手段10の動作について説明する。まず、図24及び図25に示すLoad信号、Ls信号及びCLR信号の生成方法について説明する。図25のタイミ
25 ングチャートに示すように、Load信号は、駆動回路18から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前に短時間だけHighレベルとなる信号であり、Ls信号は、切替手段23及び論理積回路ANDに入力される駆動／検出切替信号の立ち下がりエッジに同期して所定の時間（記憶手段62に

判定結果を保存するのに十分な時間) H i g hレベルになる信号である。また、図25のタイミングチャートでは示していないが、C L R信号は、減算処理により減算カウンタ45に保持されている減算結果をクリアするための信号であり、L s信号の出力後、L o a d信号の入力されるまでの間の所定のタイミングで減算カウンタ45に入力されるものである。

このように生成された信号群に基づいて、吐出異常検出手段10は動作する。駆動回路18から出力される駆動信号の立ち上がりエッジの直前にL o a d信号が減算カウンタ45に入力されると、そのタイミングで正常カウント値メモリ46から正常カウント値が減算カウンタ45に入力され、保持される。インクジェットヘッド100の吐出駆動動作(駆動期間)が終了すると、駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動/検出切替信号が切替手段23及び論理積回路ANDに入力される。そして、この駆動/検出切替信号により、切替手段23は、静電アクチュエータ120との接続を駆動回路18から発振回路11に切り替える(図23参照)。

振動板121の残留振動により発振回路11の静電容量成分(C)が変化し、それに基づいて、発振回路11が発振を開始する。減算カウンタ45は、駆動/検出切替信号の立ち上がりに同期してゲートを開き(なお、論理積回路ANDにより駆動/検出切替信号がH i g hレベルのときでなければ基準パルスが減算カウンタ45には入力されない)、ゲートは開いたままでもよい)、駆動/検出切替信号がH i g hレベルの間(T sの間)正常カウント値から基準パルスのパルス数を減算処理する。このT sは、正常吐出時の振動板121が残留振動を開始するまで(残留振動が発生するまで)の時間であり、インクジェットヘッド100がインク滴を吐出動作後、静電アクチュエータ120が駆動されていない状態における振動板121の位置に戻ってくるまでの時間である。

この図25のタイミングチャートでは、駆動回路18と吐出異常検出手段10とを切り替えた後、振動板の残留振動が発生するまでの期間の正常カウント値に基づいて、吐出異常の判定を行っている。したがって、残留振動が発生するタイミング(振動板121が初期状態の位置に戻ったタイミング)

で駆動／検出切替信号がLowレベルに立ち下がるとともに、Ls信号が発生し、減算カウンタ45の減算結果に基づいて、判定手段20が所定の判定を行った判定結果が記憶手段62に保持（保存）される。なお、この図25における基準値N1、N2及びP1は、図28の表1に示すように、所定の
5 閾値であり、これらの閾値と減算結果（減算カウント値）との大小に基づいて、吐出異常の原因が判定される。

次に、振動板121の減衰振動が発生するまでの期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図26は、本発明の一実施形態における液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理を示すフローチャートである。印刷される印字データ（フラッシング動作における吐出データ
10 でもよい）がホストコンピュータ8からインターフェース（IF）9を介して制御部6に入力されると、所定のタイミングでこの吐出異常検出処理が実行される。なお、説明の都合上、この図24に示すフローチャートでは、1つのインクジェットヘッド100、すなわち、1つのノズル110の吐出動作に対応する吐出異常検出処理を示す。
15

まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）でLoad信号が減算カウンタ45に入力され、正常カウント値メモリ46から正常カウント値が入力（プリセット）される（ステップS101）。そして、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ33の
20 駆動回路18から入力され、それにより、図20又は図25のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ120の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップS102）。そして、制御部6は、駆動信号（電圧信号）の静電アクチュエータ120への入力終了したか否かを判断し（ステップS103）、駆動信号の入
25 力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部6から切替手段23に入力される。

駆動／検出切替信号が切替手段23に入力されると、切替手段23によって、静電アクチュエータ120、すなわち、発振回路11を構成するコンデンサは、駆動回路18から切り離され、吐出異常検出手段10（検出回路）

側、すなわち、発振回路 11 に接続される（ステップ S 104）。そして、静電アクチュエータ 120 の静電容量に基づいて、発振回路 11 を構成し、発振回路 11 から発振パルスが出力されることにより、振動板 121 の残留振動が検出される（ステップ S 105）。それとともに、基準パルスが出力され（ステップ S 106）、減算カウンタ 45 に入力される。減算カウンタ 45 は、減算カウンタ 45 は、比較基準値メモリ 47 から入力された比較基準値から基準パルスを減算カウントする（ステップ S 107）。

そして、ステップ S 108 において、制御部 6 は、タイミング生成手段 36 によって L s 信号が生成されたか否か、すなわち、時間が T s だけ経過したか否かを判断する。減算カウンタ 45 は、L s 信号が発生するまで減算処理を実行し、L s 信号が発生すると、その減算処理により得られた減算結果は、判定手段 20 に出力される。判定手段 20 は、その減算結果が正常範囲であるか否かを判断する（ステップ S 109）。

そして、減算結果が正常範囲内にある場合、判定手段 20 は、正常に吐出されたと判定し（ステップ S 110）、逆に、正常範囲内にはない場合には、そのインクジェットヘッド 100 は吐出異常である（不具合ノズル 110 である）と判定する（ステップ S 111）。そして、この判定手段 20 による判定結果を記憶手段 62 に記憶（保持）し（ステップ S 112）、駆動／検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ 120 との接続を発振回路 11 から駆動回路 18 に切り替えて、発振回路 11 の発振を停止する（ステップ S 113）。

ステップ S 114 において、そのインクジェットヘッド 100 による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していないと判断された場合には、次の駆動信号が入力されるまで、このステップ S 114 で待機している。また、終了したと判断された場合には、発生していた基準パルスを停止して（ステップ S 115）、この吐出異常検出処理を終了する。

このように、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理では、比較基準値から基準パルスを減算し、その減算結果を所定の基準値と比較することにより、インクジェットヘッド 100 の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合

にはその原因を簡単な構成で検出することができる。

次に、本発明の残留振動検出処理について説明する。図 2 7 は、本発明の残留振動検出処理を示すフローチャートである。上述のように、切替手段 2 3 によって、静電アクチュエータ 1 2 0 と発振回路 1 1 とを接続すると、発振回路 1 1 は、C R 発振回路を構成し、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量の変化（静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 の残留振動）に基づいて、発振する（ステップ S 2 0 1）。

上述のタイミングチャート（図 2 0 又は図 2 5 参照）などに示すように、発振回路 1 1 の出力信号（パルス信号）に基づいて、F/V 変換回路 1 2 において、充電信号、ホールド信号及びクリア信号が生成され、これらの信号に基づいて F/V 変換回路 1 2 によって発振回路 1 1 の出力信号の周波数から電圧に変換する F/V 変換処理が行われ（ステップ S 2 0 2）、F/V 変換回路 1 2 から振動板 1 2 1 の残留振動波形データが出力される。F/V 変換回路 1 2 から出力された残留振動波形データは、波形整形回路 1 5 のコンデンサ C 3 により、D C 成分（直流成分）が除去され（ステップ S 2 0 3）、オペアンプ 1 5 1 により、D C 成分が除去された残留振動波形（A C 成分）が増幅される（ステップ S 2 0 4）。

増幅後の残留振動波形データは、所定の処理により波形整形され、パルス化される（ステップ S 2 0 5）。すなわち、本実施形態では、比較器 1 5 2 において、直流電圧源 V r e f 2 によって設定された電圧値（所定の電圧値）とオペアンプ 1 5 1 の出力電圧とが比較される。比較器 1 5 2 は、この比較結果に基づいて、2 値化された波形（矩形波）を出力する。この比較器 1 5 2 の出力信号は、残留振動検出手段 1 6 の出力信号であり、所定の吐出異常判定処理を行うために、計測手段 1 7 に出力され、この残留振動検出処理が終了する。

次に、本発明のもう一つの実施形態における計測手段 1 7 について説明する。ここでは、正常吐出時の半周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合について説明する。図 2 9 は、計測手段 1 7 の他の例を示すブロック図である。なお、図 2 4 と異なる構成のみを説明することとし、図 2 4 のブ

ロック図と同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

この計測手段 17 は、論理積回路 AND と、減算カウンタ 45 と、複数の正常カウント値メモリ 46 a ~ 46 n を有する正常カウント値メモリ 46 とから構成される。なお、図 29 では、この正常カウント値メモリを切り替える第 1 のセクタ 48 a と、第 1 比較基準値メモリ 47 a と、第 1 判定手段 20 a と、複数の記憶手段 62 a ~ 62 n を有する記憶手段 62 と、記憶手段 62 を切り替える第 2 のセクタ 48 b と、第 2 比較基準値メモリ 47 b と、第 2 判定手段 20 b とについても示している。

- 10 第 1 のセクタ 48 a は、正常吐出時の残留振動の所定のタイミングに基づいて、減算カウンタ 45 に入力する正常カウント値を切り替えるものであり、第 2 のセクタ 48 b は、第 1 のセクタ 48 a によって選択された正常カウント値メモリ 46 a ~ 46 n に対応して、第 1 判定手段 20 a（上記例の判定手段 20 と同じ構成である）の判定結果を保存する記憶手段 62 を切り替えるものである。

- 第 2 判定手段 20 b は、図 33 の表 2 に示すような複数の記憶手段 62 a ~ 62 n に記憶（保存）されている判定結果に基づいて、インクジェットヘッド 100 の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定するものである。なお、図 33 の表 2 に示すような数列が第 2 比較基準値メモリ 47 b
20 に格納されており、それらは所定のタイミングで第 2 判定手段 20 b に出力される。

- 図 30 は、インクジェットヘッド 100 に吐出異常が発生している場合と正常吐出の場合における残留振動波形を示す図である。この図 30 に示すように、各状態において残留振動が発生するまでの期間 T_s が正常吐出時に比べて、短ければ気泡混入、長ければ紙粉付着又は乾燥増粘と吐出異常の原因を特定することができる。また、残留振動の最初の半周期を比べた場合においても、同様の結果が得られる。本発明では、より正確に吐出異常の原因を特定（検出）するために、残留振動の発生までの時間 T_s での判定結果よりも、残留振動の周期での判定結果を優先させてもよい。

次に、図 3 1 のタイミングチャートを参照して、本実施形態の吐出異常検出手段 1 0 の動作を説明する。図 3 1 は、図 2 9 に示す減算カウンタ 4 5 の減算処理のタイミングチャート（半周期毎）である。カウント期間指示信号が 0 のとき、駆動信号の直前に最初の L o a d 信号が入力され、正常カウント値 1 が減算カウンタ 4 5 に入力される。減算カウンタ 4 5 は、駆動信号の立ち下がりエッジに同期してゲートを開き、減算処理を開始する。残留振動の発生時（すなわち、振動板 1 2 1 が最初に定常位置に戻ったとき）に、L s 信号が記憶手段 6 2 に入力され、それまでの減算結果を記憶手段 6 2 a に保存するとともに、C L R 信号及び L o a d 信号が減算カウンタ 4 5 に入力され、今までの減算結果をクリアして、次の正常カウント値 2 を入力する。

以下同様に、減算処理を繰り返し、それぞれの正常カウント値からの減算結果を記憶手段 6 2 に記憶する。第 2 判定手段 2 0 b は、第 2 比較基準値 4 7 b から比較基準値（図 3 3 の表参照）を入力され、その比較基準値に基づいて、対応するインクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を最終的に判定する。

次に、正常吐出時の残留振動の半周期毎の期間に基づいて、吐出異常を検出する場合における吐出異常検出処理を説明する。図 3 2 は、本発明の他の実施形態における液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理を示すフローチャートである。図 2 6 のフローチャートと同様に、印字データがインクジェットプリンタ 1 に入力されたときなどの所定のタイミングで吐出異常検出処理が実行される。

まず、駆動信号の入力直前のタイミング（このタイミングに限らない）で L o a d 信号が減算カウンタ 4 5 に入力され、正常カウント値メモリ 4 6 から正常カウント値が入力（プリセット）される（ステップ S 3 0 1）。そして、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ 3 3 の駆動回路 1 8 から入力され、それにより、図 3 1 のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ 1 2 0 の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップ S 3 0 2）。そして、制御部 6 は、駆動信号（電圧信号）の静電アクチュエータ 1 2 0 への入力

が終了したか否かを判断し（ステップS 3 0 3）、駆動信号の入力が終了すると、駆動／検出切替信号が、制御部6から切替手段23にされる。

駆動／検出切替信号が切替手段23にされると、切替手段23によって、静電アクチュエータ120、すなわち、発振回路11を構成するコンデンサは、駆動回路18から切り離され、吐出異常検出手段10（検出回路）側、すなわち、発振回路11に接続される（ステップS 3 0 4）。そして、静電アクチュエータ120の静電容量に基づいて、発振回路11を構成し、発振回路11から発振パルスが出力されることにより、振動板121の残留振動が検出される（ステップS 3 0 5）。それとともに、基準パルスが出力され（ステップS 3 0 6）、減算カウンタ45にされる。減算カウンタ45は、第1の正常カウント値1から発振パルスを減算カウントする（ステップS 3 0 7）。予め設定されたカウント期間、この場合、切替手段23によって切り替えられてから減衰振動が発生するまでの期間が終了するまで減算カウント処理を実行し、カウント期間が終了すると、すなわち、L s 信号が発生すると（ステップS 3 0 8）、判定処理に移行する。

ステップS 3 0 9において、第1判定手段20 aは、減算カウンタ45の減算結果が正常カウント数の範囲（すなわち、基準値N 1～P 1）にあるか否かを判定する。正常カウント数の範囲内にある場合、第1判定手段20 aは、正常に吐出されたと判定し（ステップS 3 1 0）、逆に、正常カウント数の範囲内にはない場合には、そのインクジェットヘッド100は吐出異常である（不具合ノズル110である）と判定する（ステップS 3 1 1）。

そして、この第1判定手段20 aによる判定結果を第1の記憶手段62 aに記憶（保持）し（ステップS 3 1 2）、制御部6は、すべてのカウント期間について減算処理が終了したか否かを判断する（ステップS 3 1 3）。まだ残留振動の半周期毎の減算処理が実行されていないので、ステップS 3 1 4に移行して、カウント期間指示信号を1つインクリメントし（図31のタイミングチャート参照）、第2のセレクタ48 bによって次の記憶手段62 bを選択するとともに（ステップS 3 1 5）、第1のセレクタ48 aにより次の正常カウント値メモリ46 bを選択して、その正常カウント値2を減算

カウンタ４５にプリセットする（ステップＳ３１６）。そして、ステップＳ３０７以降の処理を繰り返す。

5 ステップＳ３１３においてすべてのカウント期間について減算処理（第１の判定処理）が終了したと判断された場合には、駆動／検出切替信号に基づいて、静電アクチュエータ１２０との接続を発振回路１１から駆動回路１８に切り替えて、発振回路１１の発振を停止し（ステップＳ３１７）、第２判定手段２０ｂは、複数の記憶手段６２ａ～６２ｎに記憶されている第１判定結果と第２比較基準値とに基づいて、そのインクジェットヘッド１００の吐出異常の判定処理を実行する（ステップＳ３１８）。そして、ステップＳ３
10 １９において、そのインクジェットヘッド１００による吐出駆動処理が終了したか否かが判断され、終了していると判断された場合には、発生していた基準パルスを停止して（ステップＳ３２０）、この吐出異常検出処理を終了する。また、まだ終了していないと判断された場合にはステップＳ３０１に移行して、同様の処理を繰り返す。

15 このように、本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理では、複数のタイミングにおいて正常カウント値から基準パルスを減算し、それらの減算結果を所定の基準値と比較しているので、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド１００の吐出異常の有無及び吐出異常がある場合にはその原因を簡単な構成で、より正確に検出す
20 ることができる。

 以上のように、本発明の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ１）は、振動板１２１と、振動板１２１を変位させる静電アクチュエータ１２０と、内部に液体（インク）が充填され、振動板１２１の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティ１４１と、キャビティ１４１に連通し、キャビテ
25 ィ１４１内の圧力の増減により液体を液滴として吐出するノズル１１０とを有する複数の液滴吐出ヘッド（インクジェットヘッド１００）と、静電アクチュエータ１２０を駆動する駆動回路１８と、基準パルスを発生させるパルス生成手段と、所定の期間内に発生する基準パルスをカウントするカウンタ（減算カウンタ４５）と、所定の期間内のカウンタ４５のカウント値に基づ

いて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段 10 とを備えることとした。

したがって、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法によって、従来のドット抜け検出方法（例えば、光学式検出方法など）を備える液滴吐出ヘッド、液滴吐出装置に比べ、吐出異常を検出するために他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、吐出異常（ドット抜け）検出を行うことができる液滴吐出装置の製造コストを低く抑えることができる。また、本発明の液滴吐出装置では、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。したがって、印字動作中に本発明の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法（吐出異常検出処理）を実行しても、液滴吐出装置のスループットを低下又は悪化させることはない。

また、本発明の液滴吐出装置によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

さらに、本発明の液滴吐出装置では、振動板の残留振動の発生までの時間と、その残留振動の周期とに基づいて、吐出異常の原因を検出、特定しているので、この吐出異常の原因の特定をより精度良く行うことができる。

<第 2 実施形態>

次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図 3 4～図 3 7 は、それぞれ、インクジェットヘッド 100 の他の構成例の概略を示す断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

図 3 4 に示すインクジェットヘッド 100 A は、圧電素子 200 の駆動に

より振動板 212 が振動し、キャビティ 208 内のインク（液体）がノズル 203 から吐出するものである。ノズル（孔）203 が形成されたステンレス鋼製のノズルプレート 202 には、ステンレス鋼製の金属プレート 204 が接着フィルム 205 を介して接合されており、さらにその上に同様のステンレス鋼製の金属プレート 204 が接着フィルム 205 を介して接合されている。そして、その上には、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 が順次接合されている。

ノズルプレート 202、金属プレート 204、接着フィルム 205、連通口形成プレート 206 及びキャビティプレート 207 は、それぞれ所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これらを重ねることにより、キャビティ 208 及びリザーバ 209 が形成される。キャビティ 208 とリザーバ 209 とは、インク供給口 210 を介して連通している。また、リザーバ 209 は、インク取り入れ口 211 に連通している。

キャビティプレート 207 の上面開口部には、振動板 212 が設置され、この振動板 212 には、下部電極 213 を介して圧電素子（ピエゾ素子）200 が接合されている。また、圧電素子 200 の下部電極 213 と反対側には、上部電極 214 が接合されている。ヘッドドライバ 215 は、駆動電圧波形を生成する駆動回路を備え、上部電極 214 と下部電極 213 との間に駆動電圧波形を印加（供給）することにより、圧電素子 200 が振動し、それに接合された振動板 212 が振動する。この振動板 212 の振動によりキャビティ 208 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 208 内に充填されたインク（液体）がノズル 203 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 208 内で減少した液量は、リザーバ 209 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 209 へは、インク取り入れ口 211 からインクが供給される。

図 35 に示すインクジェットヘッド 100B も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 221 内のインク（液体）がノズルから吐出するものである。このインクジェットヘッド 100B は、一対の対向する基板 220 を有し、両基板 220 間に、複数の圧電素子 200 が所定間隔をおい

て間欠的に設置されている。

隣接する圧電素子 2 0 0 同士の間には、キャビティ 2 2 1 が形成されている。キャビティ 2 2 1 の図 3 5 中前方にはプレート（図示せず）、後方にはノズルプレート 2 2 2 が設置され、ノズルプレート 2 2 2 の各キャビティ 2 2 1 に対応する位置には、ノズル（孔） 2 2 3 が形成されている。

各圧電素子 2 0 0 の一方の面及び他方の面には、それぞれ、一對の電極 2 2 4 が設置されている。すなわち、1つの圧電素子 2 0 0 に対し、4つの電極 2 2 4 が接合されている。これらの電極 2 2 4 のうち所定の電極間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 2 0 0 がシエアモード変形して振動し（図 3 5 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 2 2 1 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 2 2 1 内に充填されたインク（液体）がノズル 2 2 3 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 1 0 0 B では、圧電素子 2 0 0 自体が振動板として機能する。

図 3 6 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 C も前記と同様に、圧電素子 2 0 0 の駆動によりキャビティ 2 3 3 内のインク（液体）がノズル 2 3 1 から吐出するものである。このインクジェットヘッド 1 0 0 C は、ノズル 2 3 1 が形成されたノズルプレート 2 3 0 と、スペーサ 2 3 2 と、圧電素子 2 0 0 とを備えている。圧電素子 2 0 0 は、ノズルプレート 2 3 0 に対しスペーサ 2 3 2 を介して所定距離離間して設置されており、ノズルプレート 2 3 0 と圧電素子 2 0 0 とスペーサ 2 3 2 とで囲まれる空間にキャビティ 2 3 3 が形成されている。

圧電素子 2 0 0 の図 3 6 中上面には、複数の電極が接合されている。すなわち、圧電素子 2 0 0 のほぼ中央部には、第 1 電極 2 3 4 が接合され、その両側部には、それぞれ第 2 の電極 2 3 5 が接合されている。第 1 電極 2 3 4 と第 2 電極 2 3 5 との間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 2 0 0 がシエアモード変形して振動し（図 3 6 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 2 3 3 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 2 3 3 内に充填されたインク（液体）がノズル 2 3 1 より液滴と

して吐出する。すなわち、インクジェットヘッド100Cでは、圧電素子200自体が振動板として機能する。

図37に示すインクジェットヘッド100Dも前記と同様に、圧電素子200の駆動によりキャビティ245内のインク（液体）がノズル241から吐出するものである。このインクジェットヘッド100Dは、ノズル241が形成されたノズルプレート240と、キャビティプレート242と、振動板243と、複数の圧電素子200を積層してなる積層圧電素子201とを備えている。

キャビティプレート242は、所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これにより、キャビティ245及びリザーバ246が形成される。キャビティ245とリザーバ246とは、インク供給口247を介して連通している。また、リザーバ246は、インク供給チューブ311を介してインクカートリッジ31と連通している。

積層圧電素子201の図37中下端は、中間層244を介して振動板243と接合されている。積層圧電素子201には、複数の外部電極248及び内部電極249が接合されている。すなわち、積層圧電素子201の外表面には、外部電極248が接合され、積層圧電素子201を構成する各圧電素子200同士の間（又は各圧電素子の内部）には、内部電極249が設置されている。この場合、外部電極248と内部電極249の一部が、交互に、圧電素子200の厚さ方向に重なるように配置される。

そして、外部電極248と内部電極249との間にヘッドドライバ215より駆動電圧波形を印加することにより、積層圧電素子201が図37中の矢印で示すように変形して（図37中上下方向に伸縮して）振動し、この振動により振動板243が振動する。この振動板243の振動によりキャビティ245の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ245内に充填されたインク（液体）がノズル241より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ245内で減少した液量は、リザーバ246からインクが供給されて補給される。また、リザーバ246へは、インクカートリッジ31からインク供給チューブ311を介してインクが供給される

。以上のような圧電素子を備えるインクジェットヘッド１００Ａ～１００Ｄにおいても、前述した静電容量方式のインクジェットヘッド１００と同様にして、振動板又は振動板として機能する圧電素子の残留振動に基づき、液滴
5 吐出の異常を検出しあるいはその異常の原因を特定することができる。なお、インクジェットヘッド１００Ｂ及び１００Ｃにおいては、キャビティに面した位置にセンサとしての振動板（残留振動検出用の振動板）を設け、この振動板の残留振動を検出するような構成とすることもできる。

図３８は、圧電アクチュエータ（圧電素子２００）を用いる場合の駆動回路１８と検出回路１６（ここでは、残留振動検出手段）との切替手段２３の概略を示すブロック図である。このような構成にすることにより、圧電アクチュエータの圧電素子２００の吐出駆動動作後の起電圧を、バッファ５４を介して波形整形回路１５に入力し、波形整形回路１５によって矩形波を整形
10 することができる。したがって、圧電素子２００の起電圧を利用することによって、上記第１実施形態と同様の検出処理を実行することができる。

以上のように、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法は、静電アクチュエータ又は圧電アクチュエータの駆動により、液滴吐出ヘッドから液体を液滴として吐出する動作を行った際に、このアクチュエータによって変位させられた振動板の残留振動又は圧電素子の起電圧を検出
20 し、その振動板の残留振動又は圧電素子の起電圧に基づいて、液滴が正常に吐出されたか、あるいは吐出されなかったか（吐出異常）を検出することとした。

また、本発明は、上記振動板の残留振動（起電圧の電圧パターンを含む）の振動パターン（例えば、残留振動波形の周期など）に基づいて、このよう
25 にして得られた液滴の吐出異常の原因を判定することとした。

したがって、本発明によって、従来のドット抜け検出方法を備える液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、液滴吐出ヘッドのサイズを大きくすることなく液滴の吐出異常を検出することができるとともに、製造コストを低く抑えることができ

る。また、本発明の液滴吐出ヘッドでは、液滴吐出動作後の振動板の残留振動を用いて液滴の吐出異常を検出しているので、印字動作の途中でも液滴の吐出異常を検出することができる。

5 また、本発明によって、光学式検出装置など従来のドット抜け検出を行うことができる装置では判定不可能である液滴の吐出異常の原因を判定することができ、それによって、必要に応じ、その原因に対し適切な回復処理を選択し、実行することができる。

10 以上、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換することができる。また、本発明の液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

15 なお、本発明の液滴吐出装置の液滴吐出ヘッド（上述の実施形態では、インクジェットヘッド100）から吐出する吐出対象液（液滴）としては、特に限定されず、例えば以下のような各種の材料を含む液体（サスペンション、エマルション等の分散液を含む）とすることができる。すなわち、カラーフィルタのフィルタ材料を含むインク、有機EL（Electro Luminescence）装置におけるEL発光層を形成するための発光材料、電子放出装置における
20 電極上に蛍光体を形成するための蛍光材料、PDP（Plasma Display Panel）装置における蛍光体を形成するための蛍光材料、電気泳動表示装置における泳動体を形成する泳動体材料、基板Wの表面にバンクを形成するためのバンク材料、各種コーティング材料、電極を形成するための液状電極材料、2枚の基板間に微小なセルギャップを構成するためのスペーサを構成する粒子
25 材料、金属配線を形成するための液状金属材料、マイクロレンズを形成するためのレンズ材料、レジスト材料、光拡散体を形成するための光拡散材料などである。

また、本発明では、液滴を吐出する対象となる液滴受容物は、記録用紙のような紙に限らず、フィルム、織布、不織布等の他のメディアや、ガラス基

板、シリコン基板等の各種基板のようなワークであってもよい。

請求の範囲

1. 振動板と、前記振動板を変位させるアクチュエータと、内部に液体が
5 充填され、前記振動板の変位により、該内部の圧力が増減されるキャビティ
と、前記キャビティに連通し、前記キャビティ内の圧力の増減により前記液
体を液滴として吐出するノズルとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、
前記アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
10 前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を
検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする液滴吐出装置。
2. 前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した際に前記アクチュエータに
15 より変位された前記振動板が残留振動を発生させるまでの期間である請求の
範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
3. 前記所定の期間は、前記残留振動の最初の半周期の期間である請求の
範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
- 20 4. 前記所定の期間は、前記残留振動の最初の1周期の期間である請求の
範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
5. 前記吐出異常検出手段は、前記アクチュエータの駆動により液滴が正
25 常に吐出されたときの基準パルスの正常カウント範囲と、前記所定の期間内
における前記カウンタのカウント値と比較することにより、前記吐出異常を
検出する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。
6. 前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よ

りも小さいときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

5 7. 前記吐出異常検出手段は、前記カウント値が前記正常カウント範囲よりも大きいときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したか、あるいは、前記ノズル出口付近に紙粉が付着したものと検出する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

10 8. 前記カウンタは、所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルス数を減算カウントし、前記吐出異常検出手段は、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

15 9. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第 1 の閾値よりも小さいときには、吐出異常の原因として前記キャビティ内に気泡が混入したものと検出する請求の範囲第 8 項に記載の液滴吐出装置。

20 10. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第 2 の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと検出する請求の範囲第 8 項に記載の液滴吐出装置。

25 11. 前記吐出異常検出手段は、前記減算結果が第 2 の閾値よりも小さく、第 3 の閾値よりも大きいときには、吐出異常の原因として前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと検出する請求の範囲第 8 項に記載の液滴吐出装置。

12. 前記吐出異常検出手段によって検出された検出結果を記憶する記憶手段を更に備える請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

1 3. 前記アクチュエータの駆動による前記液滴の吐出動作後、前記アクチュエータを前記駆動回路から前記吐出異常検出手段に切り替える切替手段を更に備える請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

5 1 4. 前記吐出異常検出手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振する請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

10 1 5. 前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによる C R 発振回路を構成する請求の範囲第 1 4 項に記載の液滴吐出装置。

15 1 6. 前記吐出異常検出手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成する F / V 変換回路を含む請求の範囲第 1 4 又は 1 5 項に記載の液滴吐出装置。

20 1 7. 前記吐出異常検出手段は、前記 F / V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む請求の範囲第 1 6 項に記載の液滴吐出装置。

25 1 8. 前記波形整形回路は、前記 F / V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去する D C 成分除去手段と、この D C 成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する請求の範囲第 1 7 項に記載の液滴吐出装置。

1 9. 前記アクチュエータは、静電式アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

20. 前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータである請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

5 21. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

22. 液体が充填されるキャビティと、前記キャビティに連通するノズルと、前記キャビティ内に充填された液体の圧力を変動し、この圧力変動により液体を液滴として前記ノズルから吐出させる圧電アクチュエータとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、

10 前記圧電アクチュエータを駆動する駆動回路と、
基準パルスを発生させるパルス生成手段と、
所定の期間内に発生する前記基準パルスをカウントするカウンタと、
15 前記所定の期間内のカウンタのカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段と、
を備えることを特徴とする液滴吐出装置。

23. 前記所定の期間は、液滴を正常に吐出した後の前記圧電アクチュエータの起電圧による電圧の残留振動を発生させるまでの期間である請求の範囲第22項に記載の液滴吐出装置。

24. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第22に記載の液滴吐出装置。

25

25. アクチュエータを駆動して振動板を振動することにより、キャビティ内の液体を液滴としてノズルから吐出する動作を行った後、基準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、液滴の吐出

異常を検出することを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法。

26. 所定の基準値から前記所定の期間においてカウントされた基準パルス
5 5 の数を減算し、この減算結果に基づいて、前記吐出異常を検出する請求の
範囲第25項に記載の液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法。

27. 圧電アクチュエータを駆動して液滴を吐出する動作を行った後、基
準パルスを発生させるとともに、所定の期間を計測し、その計測された所定
の期間内に発生した基準パルスをカウントし、このカウント値に基づいて、
10 液滴の吐出異常を検出することを特徴とする液滴吐出ヘッドの吐出異常検出
方法。

要 約 書

- 本発明は、液滴吐出動作後における所定の期間に発生した基準パルスをカウントすることにより、液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出することができる
- 5 液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出方法を提供することを目的とする。本発明の液滴吐出装置は、振動板と、振動板を変位させるアクチュエータとを有する複数の液滴吐出ヘッドと、アクチュエータを駆動する駆動回路と、基準パルスを発生させるパルス生成手段と、所定の期間内に発生する基準パルスをカウントする減算カウンタ 4 5 と、所定の期間内のカウンタ
- 10 のカウント値に基づいて、液滴の吐出異常を検出する吐出異常検出手段とを備えている。